Vine Linux 5 による担任用ネットワークカメラシステム(NCSFCT)

A Network Camera System for a Class Teacher (NCSFCT) with Vine Linux 5

茨城工業高等専門学校　電子情報工学科　　小飼 敬, 滝沢 陽三, 杉村 康

【あらまし】最近、目を一つ持つ(単眼)カメラとコンピュータを統合して、カメラ本体に固有のインターネットプロトコル(IP)アドレスを持たせ、無線のローカルエリアネットワーク(無線 LAN)で接続できるワールドワイドウェブ(Ｗｅｂ)サーバとし、遠隔のパソコンから Firefox 等の Web ブラウザを使用して動作させるネットワークカメラが安価に(数万円で)手に入るようになった(文献[1])．又、最近の教育環境の高度化に伴い、 当校でも教室等へ無線 LAN を導入し、ノートパソコン等を接続することができるようになった．当論文では、その様な環境で、「遠隔のパソコンから教室等の中の様子を、46 時中、ディスプレイに表示するだけでなく、録画等を行い、それと並行して過去の録画結果を参照することを可能とする新規プログラム」を、GPL(文献[2])を前提として、VineLinux5 を使用して実現するシステムを提案する．当システムによって、ネットワークカメラ４台による教室内の画像等を、遠隔の教員室等から、メンテナンスフリーで、およそ２年分録画等を行うことが可能である．

1. はじめに

あらましで述べた環境に於いては、ネットワークカメラを教室に設置さえすれば、直ぐにでも教室の様子などを教員室等のパソコンから遠隔で覗くことが可能である．

しかしながら、上記ネットワークカメラにおいては、赤外線による人感センサーや画像の変化の感知による動作検知によって、少量（最大８０枚）の画像をカメラ内に保存したり、遠隔のファイル転送サーバへ転送する機能を有してはいるが、主な用途は目視にあるので、遠隔のパソコン上のソフトウェアとしてＷｅｂブラウザを利用するようになっており、大量の画像を遠隔のパソコン上で、必要に応じて保存したり、参照したりする機能が無い．　そのため、多量の画像を過去に遡って再度繰返し見ることが困難であり、改善が望まれた．又、カメラが設置される場所が教室という出入りが容易な場所では、悪戯好きの学生等によるカメラの障害発生の可能性も皆無ではないと思われるので、それらからカメラを守るための警報システムの実現も必須と思われた．

一方、上記のネットワークカメラ内のＷｅｂサーバのソフトウェアについては、文献[3]で、他の機種の CGI コマンドインタフェースが公開されているが、当研究で使用した機種については全くのブラックボックスである．　しかし、そのネットワークカメラはＷｅｂブラウザにより動作させることができ、その時のインタフェースは、Linux に標準搭載の tcpdump(文献[4])により解析が可能なので、「ブラウザの動作を擬似することによって、遠隔のパソコン上で動作し、上記の問題点を解決するプログラム」を開発することは可能と思われた．

当論文では、担任の先生からのヒアリング結果に基づいて、上記のネットワークカメラを、オープンソースのオペレーティングシステムであるＬｉｎｕｘ上の新規開発(C 言語記述の)アプリケーションプログラムより無線ＬＡＮ経由で駆動して、上記の問題点を解決する「担任用ネットワークカメラシステム」を提案する．

当システムを使用することによって、より充実した担任業務等を実現することが可能である．

2. システムへの要求条件

担任等からの要求条件は、以下の通りである．

(1) 教室内を死角無で、遠隔の教員室から視認可．
(2) カメラ設置に大規模な工事は不要．
(3) 24 時間録画・録音．但し、音声無時で、真っ暗時又は画像に変化無時は、録画・録音無.
(4) カメラへの悪戯等の監視と通知.
(5) 最低１年分の録画・録音でメンテナンスフリー.
(6) オンライン録画・録音と並行して、過去の画像等を参照可.
(7) 運用時の操作が簡単.

(8) 無償の OS,ライブラリ等を使用し、GPL で開放.

(9) LAN 回線の使用率は、10%未満.

3. 実現手法

上記 1. の(1)～(9)を以下の様に実現.

(1) 文献[1]の無線 LAN 用の 4 台のネットワークカメラを教室等に設置し、それらを教員室のパソコンより駆動するプログラムを新規開発.［上記 2.(1),(2),(3)に対応.］

(2) 文献[5]の移動物体検出アルゴリズムを応用して 24 時間録画・録音. 音声無時で、真っ暗時又は画像に変化無時は、録画・録音無.［上記 2.の(3)に対応.］

(3) 4 秒に 1 回、各カメラにアクセスし、異常検出時は、指定の携帯電話メールアドレス等に異常通知.［上記 2.の(4),(9)に対応.］

(4) 1.5TB の USB HDD への録画・録音により、2 年分のデータ保持を可能とし、HDD の使用率≧90%時に、最古月日のデータを自動消去により、メンテナンスフリー.［上記 2.の(5)に対応.］

(5) オンライン録画・録音と過去画像等の参照処理を独立プロセスで実施により、並行実行を実現.［上記 2.の(6)に対応.］

(6) 運用時の以下(A)～(D)の操作は、全て画像又はボタン(図 1.参照)のクリックで実現.［上記 2.の(7)に対応.］

(A) 現在の画像等の表示.

(B) 指定の月日の指定時間の画像の表示.

(C) 画像の表示位置の変更.

(D) 過去画像の拡大表示や拡大画像の保存.

>>日	<<日	>>月	<<月	整理	表示
>	<	>>M	<<M	>>H	<<H
再生	移動	< 移動	7時	8時	9時
10時	11時	12時	13時	14時	15時
16時	17時	18時	19時	20時	21時
0分	5分	10分	15分	20分	25分
30分	35分	40分	45分	50分	55分
拡大	拡消	拡出	画像0	画像1	画像2
画像3	差分0	差分1	差分2	差分3	差消

図 1. 運用操作用ボタン例

図 2.に解像度≧1280×960 ドットのディスプレイを持つパソコンでの現画像の表示例を示す. 図 3.,図 4.,図 5.に解像度≧1280×800 ドットでの表示例を示す.

(7) OS は無償の VineLinux5.コンパイラやライブラリ等は該 OS 提供の GNU C Compiler(gcc),GNU Image Manipulation Program Toolkit +(GTK+;文献[6]),Image Library(Imlib)(文献[7]参照)を使用.［上記 1 の(8)に対応.］ 新規開発プログラム等は GPL で無償開放.

図 2. 現画像表示例 1

図 3. 現画像表示例 2

図 4. 過去 16 画像表示例

図 5. 過去画像拡大例

3.1 実現手法の詳細

3.1.1 ネットワークカメラの選定

文献[8]に示されている様に、ネットワークカメラには多種類が存在するが、価格が比較的安価で、最低撮影可能照度が 1 ルクスと高感度で、取扱い説明書が公開されている文献[1]のカメラを使用することとした.

3.1.2 システムの実現方式

上記カメラから画像を収集する方式には、文献[1]の情報から、次の二つの方式が考えられた.

(方式 1) 使用カメラ内にある「人感センサーや画像変化感知による動作検知による画像のファイルサーバへの転送機能」を利用して、ファイルサーバを擬似する新規開発プログラムで受取る.

(方式 2) 使用カメラ内にある「Web ブラウザによるオンライン画像表示機能」を利用して、Web ブラウザを擬似する新規開発プログラムで受取る.

使用カメラには障害検知機能が無いので、上記の内、方式 1 は、別途障害チェック方式も合わせて開発しなければならず、工数がかさむと予想されたが、方式 2 では、数秒に 1 回程度のカメラへの画像取得のためのアクセスの応答を監視することにより、障害の有無のチェックを容易に実
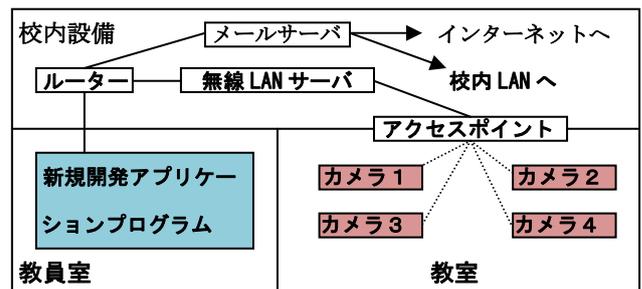
図 7. 当システムの構成概念図

現できるので、方式２を採用することとした．その方式においては、画像等の転送の主導権は、Web ブラウザを擬似する遠隔パソコン内の新規開発プログラムが持つ．そのシステム構成の概要を、図７に示す.

3.1.3　ネットワークカメラのインタフェースの解析方法

当システムで使用するネットワークカメラはブラックボックスであり、そのインタフェースは公開されていない．しかし、該カメラは Web ブラウザにより操作可能であり、その動作時のインタフェースは、tcpdump(文献[4])等により解析が可能である．以下、その具体的方法について述べる．

(1) tcpdump による電文のダンプ情報の取得

tcpdump は Linux の標準装備のコマンドであり、スーパーユーザモードで、 下記(A)の様に起動すれば、起動中における LAN ボードを通過する tcp のみの送信電文と受信電文の全ての内容の先頭 1000 バイトを、標準出力に 16 進数とアスキー文字で出力することができる．(tcpdump の停止は Ctrl+C．⏎は Enter キー）

(A)　tcpdump　tcp　-x　-X　-s 1000⏎

標準出力には多量のデータが出力されるので、それらをファイル内に格納するために、上記(A)の直前で下記(B)を、停止した後に下記(C)を投入する．

(B)　script　ファイル名⏎　　/* 指定のファイルに標準出力を格納せよ．*/

(C) exit⏎/* 指定のファイルへの標準出力の格納を停止*/

(2)　電文の特定

tcpdump の出力結果には、電文の送信元の IP アドレスと受信先の IP アドレスが出力されるので、それにより、解析が必要な電文を特定する．

(3)　TCP/IP のヘッダの除去等

電文の 16 進ダンプ結果には、アプリケーションレベルの電文だけでなく、その先頭に、下記(A)の IP ヘッダと(B)の TCP ヘッダ(文献[9])が付加されているので、下記に示す方法で除去する．

(A)　IP ヘッダの除去

電文の先頭１バイト中の右４ビット(H-Length;ヘッダ長)が、IP ヘッダの語数である．これに(１語は４バイトなので) 4 を掛けた結果のバイト数の IP ヘッダを除去する．

(B)　TCP ヘッダの除去

TCP ヘッダの 12 バイト目の左４ビット(D-Offset;データーオフセット)が、TCP ヘッダの語数である．これに 4 を掛けた結果のバイト数の TCP ヘッダを除去すれば、その次以降が転送電文の内容である．

尚、TCP ヘッダの 13 バイト目の右６ビット(URG から FIN ビット、詳細文献[9]参照)の組み合わせの内、実際の転送データの順序と内容より推定した主な用途は、以下の通りである．

(a) 0x02; SYN のみ：　接続要求（3 ウェイハンドシェイクの一部）

(b)0x12;ACK+SYN:　接続許可応答（3 ウェイハンドシェイクの一部）

(c)0x10;ACK;　接続確認（3 ウェイハンドシェイクの一部）or データ転送確認 or データ転送確認＋データ転送

(d)0x18;ACK+PSH:　データ転送

(e)0x14; ACK+RST;　データ転送確認＋回線切断

(4) ハイパー・トランスファー・プロトコル（ＨＴＴＰ）の解析

解析対象の電文は、何れも、Web ブラウザから駆動した時の電文であり、接続先のネットワークカメラは Web サーバとして動作する．　Web サーバの(TCP の上位にある)アプリケーションレベルの使用プロトコルは、文献[10]にある HTTP である．

HTTP とは、クライアントである Web ブラウザから、リクエスト（要求）電文を Web サーバへ送り、それに対して、Web サーバがレスポンス（応答）電文を Web ブラウザへ返すという比較的単純なプロトコルである．それらの電文を当論文では HTTP 電文と総称する．

HTTP 電文は、大別して以下の二つの部分からなる．（文献[10]の p.54～61 参照）

(A)　空行[0x0d(CR)0a(LF)だけの行(行は最後が 0x0d0a)]以前の部分：CR と LF と空白以外は全て印字可能文字で構成されるので、目視が可能である．

ブラウザからサーバへの要求電文では、要求内容を示すリクエスト行と、要求の補足事項を示す複数のメッセージヘッダ行からなるメッセージヘッダと、空行からなる．

サーバからブラウザへの応答電文では、応答状態を示すレスポンス行と、応答の補足事項を示す複数のメッセージヘッダ行からなるメッセージヘッダ（無い場合もある）と、空行からなる．

(B) メッセージボディー（空行の直後にあるデータ）: 無い場合もある．今回の解析対象の電文では、応答電文内にしか存在せず、

(a)画像データ、又は(b)音声データである．

解析は、上記の(A) のリクエスト行やリスポンス行とメッセージヘッダ行を目視することにより、メッセージボディーの内容の推定を行った．

3.1.4　ネットワークカメラのインタフェース推定結果概要

上記 3.1.3 によって推定した結果のアプリケーションレベルのプロトコルの概要は以下の通りである．

(1) 画像データの取得においては、1 画像の要求・応答の直前・直後に回線の接続要求(3 ウェイハンドシェイク)と回線切断がそれぞれ行われる．

(2) 音声データの取得においては、最初に 1 回のみ回線の接続と音声の要求が行われ、その後、凡そ 250msec 毎に、音声データのみの応答が繰返される．

(3) 画像および音声の要求においては、パスワード等による基本認証が行われるので、図 8.の様に、要求電文のメッセージヘッダ内に Authorization メッセージヘッダ行を使って暗号化された認証情報を付加しなければならない．

図 8．基本認証の送・受信電文の概念図

(4) 画像の要求においては、以下のリクエスト行等を送ればよい．

GET△/SnapshotJPEG?Resolution=640x480&Quality=Clarity&Count=9999△HTTP/1.10x0d0a

/* 0x0d0a は CRLF */

(5) 画像の応答においては、メッセージボディ内に、画像を 1/10～1/100 に圧縮した JPEG(Joint photographic Experts Group)画像(文献[11]pp.15-18)が返され、メッセージボディーのバイト数は、Content-Length メッセージヘッダ行で示される．

(6) 音声の要求においては、以下のリクエスト行を送ればよい．

GET△/nphaudio△HTTP/1.00x0d0a

/* 0x0d0a は CRLF */

(7) 音声の応答においては、メッセージボディー無しの応答が 1 回のみ最初に返され、その後、1000 バイトのメッセージボディーのみの ADPCM(Adaptive Differential Pulse Code Modulation;適応的差分パルス符号変調,文献[12])32kbps 形式の音声の応答が 250 ミリ秒毎に、繰返される．

3.1.5　ネットワークカメラの台数と配置

使用するカメラは、フォーカス範囲が 0.5m～∞で固定焦点のカメラである．従って、その水平画角が十分大きいなら、２台のカメラを、例えば教室の左前方と右後方の壁に設置することによって、死角が無い画像を得ることができる．しかし、使用するカメラの画角は 43 度しかないので、当校の教室においては、死角が無い画像を得るためには、少なくとも３台のカメラを、例えば教室の左前方と右前方と後方に、設置することが必要である．

一方、悪戯の犯人の特定が当システムへ要求条件であるので、人物特定のためには、人物を複数の角度から撮影できることがベターである．

以上を考慮した結果、p.2 の図 7.に示した様に４台のカメラを、教室の前左，後左，後右，前右に設置することとした．尚、音声については、単に授業が終わりそうかどうか等の確認にしか利用しないので、教室の前右（黒板の近く）に設置したカメラの音声のみ収集する．

3.1.6　画像と音声の録画・録音等

当システムを起動したら、オンラインで画像と音声のデータを収集し、HDD 内に格納することにより、録画・録音を行う．

当システムの起動直後、又は動作中に日付が変わった場合に、現ディレクトリ配下に下記(1)のディレクトリを生成し、そのディレクトリ配下に、画像を下記(2)のファイル名で録画し、音声を下記(3)のファイル名で録音し、障害発生を検出した場合は、(電子メールを所定のメールアドレスへ送るだけでなく、) 下記(4)のファイルに障害発生時間等を追加する．

(1) 録画・録音用ディレクトリ名

d_yymmdd　/* yy は西暦の下２桁, mm は月(01～12), dd は日(01～31) */

(2) 録画ファイル名

cxx_hhmmss.jpg　/* hh は時間(00～23)，mm は分(00～59), ss は秒(00～59) */
/* xx はカメラ番号 28(教室左前)or 29(左後)or30(右後)or31(右前)*/

(3) 録音ファイル名

ghhmmssmmm.g726 /* hh は時間(00～23), mm は分(00～59), ss は秒(00～59) mmm はミリ秒　*/

(4) 障害ファイル名：　dorolog

尚、以下の(5)と(6)の場合は、録画を行わない．但し、システムが正常に動作していることを記録する目的で、下記の場合であっても時間が変わった場合(分が 59 から 0 に変わった時)には、録画を行う．

(5) 画像が真っ暗である場合：カメラの雑音の影響を除去するために、輝度のコントラスト(下記の微小エリアの輝度合計の最大値 *1 と最小値の差)が一定値（TH1=20,000）以下の場合であって、音声の最大値が一定値(MAX_ONRYO=3,000)以下の場合．(*1の有得る最大値=20×20×3×255=306,000)

(6) 直前に録画した４画像と同じ４画像である場合：具体的には（文献[5]にある）移動体検出アルゴリズムに基づき、640×480 画素(ピクセル)の画像を 768 個の 20×20 ピクセルの微小エリアに分割し、768 個の全ての微小エリアが直前の画像の微小エリアと相関関係がある場合[下記(7)参照]であって、音声の最大値が一定値(MAX_ONRYO=3000)以下の場合．

(7) 相関関係のチェック方法：上記の相関関係等のチェックは、関数 time_interrelation(char *pt1,char *pt2)にて行い、その仕様は、以下の通りに定めた．

(A) pt1 と pt2 は、それぞれ、相関関係があるかどうかを調べる二つの画像(画像１と画像２)の画像情報の先頭アドレス．

(B) 上記(A)の画像を、下記の表 1.の様に 768 個の 20×20 ピクセルの微小エリアに分割し、0～767 の番号を付ける．横の微小エリア数は 640÷20=32、縦の微小エリア数は 480÷20=24 なので、１画像の微小エリアの総数は 32×24=768 となる．

尚、微小エリアの大きさ=20×20 ピクセルにしたのは教室の一番遠い部分に居る人物の顔が移動したことを検出できる必要最小限の大きさの実験結果に基づく．

(C)「各微小エリア内の 400*3 個の各輝度情報」の画像１と画像２の差分の絶対値の「各微小エリア毎の合計」を、sabun_goukei[0～767]に設定．

表 1.　画像データの相関チェック用分割エリアの番号

0	1	2	3	…	30	31
32	33	34	35	…	62	63
:	:	:	:	…	:	:
736	737	738	739	…	766	767

(D) sabun_goukei[0～767]が記号定数 TH0(=24,000)より大きい(画像が変わっている可能性がある)微小エリアについて、下記の(a),(b)の様にベクトル相関をチェックし、ベクトル相関がない微小エリアの数を戻り値に返す．

(a) 微小エリア内の各ピクセルについて、直前と現在の何れかに輝度 255 のものがあれば、そのピクセルは、色が飛んでいると見なして、下記(b)のベクトルの一部とみなさない．

(b) 上記(a)以外のピクセルについて、直前の画像の微小エリアの正規化ベクトルと現在の画像の微小エリアの正規化ベクトルを計算し、それより直前の正規化ベクトルと現在の正規化ベクトル間の距離である正規化距離を求め、それが一定値(記号定数 TH2;0.04)を超えていれば、その微小エリアはベクトル相関無しとする． 正規化ベクトルや正規化距離の定義と計算方法は、移動体検出の論文である文献[5]に基づいており、以下の通りである．

(ア) 3 次元ベクトル V の大きさは|V|と表し、

$$|V| = \sqrt{Vx^2 + Vy^2 + Vz^2}$$

Vx,Vy,Vz は、ベクトル V の x 軸，y 軸，z 軸成分．

(イ) 大きさ 1 のベクトルのことを単位ベクトルという．

(ウ) V/|V|を求めることを、正規化するといい、単位ベクトルを求めることである．

(エ) 今、20×20=400 個のピクセルの各赤(R),緑(G),青(B の輝度を 400 個の x,y,z の 3 次元ベクトルと考えると、その合成ベクトルの大きさは、

$$|V| = \sqrt{(Vx0+Vx1+..Vx399)^2 + (Vy0+Vy1+..Vy399)^2 + (Vz0+Vz1+..Vz399)^2}$$

合成ベクトルの単位ベクトルの x,y,z 成分は、

Vx= (Vx0+Vx1+...Vx399)/|V|

Vy= (Vy0+Vy1+...Vy399)/|V|

Vz= (Vz0+Vz1+...Vz399)/|V|

(オ) 今、画像 1 の(あるひとつの)微小エリアの合成単位ベクトルを V1、画像 2 の微小エリアの合成単位ベクトルを V2、それらの各成分を V1x, V1y, V1z, V2x,

V2y, V2z としたとき、ベクトルの先端間の距離(正規化距離）は、

$$W = \sqrt{(V2x - V1x)^2 + (V2y - V1y)^2 + (V2z - V1z)^2}$$

(E) 戻り値が 0 なら時間相関あり（画像１と画像２は同じ画像)、戻り値> 0 なら時間相関なし（画像１と画像２には、異なる微小エリアがある）を表す.

3.1.7　ディスプレイ解像度と表示ウィンドウの大きさ

当システムで使用するネットワークカメラの解像度は 640×480 ドットであり、使用台数は４台である.従って、(A) それらをそのままウィンドウ上に表示するためには、(640×2=)1280×(480×2)=960 ドット以上の解像度を持つディスプレイが必要である．例えば、解像度＝1400×1050(通称 SXGA+)ドットのディスプレイでは、図 9.に示す様に、640×480 ピクセルの画像を４つ同時にウィンドウ上に表示できる.

図 9.ウィンドウの形式の例１
(解像度=1280×1024 ドット)

図 10.ウィンドウの形式の例２
(解像度=1280×1024 ドット)

図 11. ウィンドウの形式の例３
(解像度=1280×720 ドット)

図 12. ウィンドウの形式の例４
(解像度=960×720 ドット)

この場合にボタンも表示する場合は、上記図 10.の様に、640×480 ピクセルの画像を３つ同時にウィンドウ上に表示できる．これらの場合、表示ウィンドウの大きさは 1280×960 ドットである.

一方、(B) 解像度=1280×800 ドット(通称 WXGA)のディスプレイの場合は、640×480 ピクセルの画像を４つ同時に表示することはできない．その場合は、図 11.に示す様に、640×480 ピクセルの画像を２つと 320×240 ピクセルの画像２つと 640×240 ピクセルのボタンを同時にウィンドウ上に表示する．この場合、ウィンドウの大きさは 1280×720 ドットである.

又、(C)解像度=1024×768 ドット(通称 XGA)のディスプレイの場合は、上記図 12.に示す様に、640×480 ピクセルの画像を１つと 320×240 ピクセルの画像３つと 320×240 ピクセルのボタンを同時にウィンドウ上に表示する．この場合、ウィンドウの大きさは 960×720 ドットである.

以上の様に、使用するパソコンのディスプレイの解像度を反映したウィンドウ上の各画像の大きさを選択できる様にした．［選択方法は、詳細 p.9 の(G)disp 文参照]

3.1.8　システムの状態

当システムを起動したら、オンラインで画像と音声を収集し、録画・録音を行うが、それらと並行して行わせる処理を区別するために、大別して次の(1)現画像状態と(2)過去画像状態の二つを設けた.

(1) 現画像状態 : オンラインで画像と音声を収集し、録画・録音を行いながら、ウィンドウ上に、オンラインで録画した「直前の画像」を表示し、オンラインで録音した「直前の音声」を再生している状態．表示画像を約４秒に１回、最新の画像で更新する．又最新の音声を連続して再生する．当状態においては、ウィンドウのタイトルに下記(A)から(C)を表示する.

(A)（status == 0)　/*現画像状態（現在画像）を意味する*/
(B) 録画・録音ディレクトリ名 /*p.4 の 3.1.6(1)参照*/
(C) 録画ファイル名　/*p.4 の 3.1.6(2)参照*/

尚、録画は、受信した「圧縮された画像である JPEG 形式のデータ」をそのままファイルに書込むことによって行い、 ウィンドウへの表示は、GTK+と Imlib を利用するので、(ライブラリ system を使用して、convert コマンドを起動することにより、) 圧縮なしの Portable　PixMap file format(ppm)形式に変換した後に行う．　又、録音は、受信した ADPCM32kbps 形式の２進データをそのままファイルに書込むことによって行い、スピーカへの再生は、受信したデータを、「文献[13]でサンマイクロシステム株式会社が公開しているデコーダ(ロードモジュール名 decode)」で２バイトのリニア PCM データにデコードし、左右に同じデータを与えてステレオにし、それを Open Sound System(OSS; 文献[14]参照）が用意している/dev/dsp (Digital Signal Processor)に書き込むことにより実現した.

当現画像状態で、どのカメラの画像を、ウィンドウ上のどこに表示するかは、下記①～④の四つのボタンのどれがクリック(押)されているかによって異なり、当システムを起動直後では「画像 0」のボタンが押された状態である．尚、

下記の「画像０」～「画像３」のボタンはトグルボタンであるので、どのボタンが現在押されているかを視認することができる．

①　「画像 0」のボタンが押されていると、ウィンドウの左上に教室の左前のカメラの画像を表示．

②　「画像 1」のボタンが押されていると、ウィンドウの左上に教室の左後のカメラの画像を表示．

③　「画像 2」のボタンが押されていると、ウィンドウの左上に教室の右後のカメラの画像を表示．

④　「画像 3」のボタンが押されていると、ウィンドウの左上に教室の右前のカメラの画像を表示する．

<u>⑵ 過去画像状態：</u>オンラインで画像と音声を収集し、録画・録音を行っているが、ウィンドウ上には、オンラインで録画した「直前の画像」を表示しておらず、過去に録画した画像を表示している状態．この状態では、再生ボタンが押されない限り、音声の再生を行わない．

上記⑴と⑵の切換えと、過去のどの画像を表示するかは下記⑶の様に指定する．

<u>⑶ 状態の切換えと月日や時間の指定</u>

現画像状態で「整理」ボタンがクリックされる(押される)と、本日の最も古い過去 16 時点の画像等を表示し、過去画像状態にする．過去画像状態で「表示」ボタンが押されると現画像状態に戻す．

過去画像状態で何月何日の画像を見るかは、下記のボタンを押すことにより指定する．

(A)「<<日」；　日を、現在の(ウィンドウのタイトルに表示している)日より、１日前に戻す．

(B)「“>>日」；　日を、現在の(ウィンドウのタイトルに表示している)日より、１日先に進める．

(C)「<<月」；　月を、現在の(ウィンドウのタイトルに表示している)月より、１カ月前に戻す．

(D)「>>月」；　月を、現在の(ウィンドウのタイトルに表示している)月より、１カ月先に進める．日付は１になる．

上記の何れかのボタンが押された状態では、ウィンドウのタイトルに、下記(E)と(F)を表示する．

(E) (status == 1)　　/*現画像状態(日付変更中)を意味する*/

(F)　yymmdd　　　/*　変更した結果の年月日　*/

但し、表示している画像や出力している音声は本日の直前の画像と音声であることに留意されたし．

尚、整理ボタンが押されると、上記で指定した月日の全ての画像のファイル名を、昇順に、内部テーブルに設定し、p.2 の図 4.の様に、16 分の１に縮小された、その日の最初の 16 画像×4(=64、SXGA+の場合は×3=48)をウィンドウ上に表示し、タイトルには下記(G),(H)を表示する．

(G) (status==2)　/*過去画像状態(16 時点)を意味する*/

(H) yymmdd-hhmmss　/*表示されている最初の画像の年年月月日日－時時分分秒秒　*/

この状態では、下記のボタンを押すことによって、表示する画像の時間を変更できる．

<u>(a)　相対時間移動処理</u>；現在表示している「一番古い画像から１画像または１６画像または 960 画像分時間を移動した後の時間」以降の 48or64 画像を表示する．

(ア)　「>」；１画像分表示時間を進める．

(イ)　「<」；１画像分表示時間を戻す．

(ウ)　「>>M」；１６画像分表示時間を進める．

(エ)　「<<M」；１６画像分表示時間を戻す．

(オ)　「>>H」；960 画像分表示時間を進める．

(カ)　「<<H」；960 画像分表示時間を戻す．

<u>(b)　絶対時間移動処理</u>；指定した絶対時間以降の 64（or SXGA+の場合は 48）画像を表示する．

(ア)　以下の時指定ボタンの何れかが押されると、そのボタンを押されっぱなしの状態(status==7;分指定待１の状態')とする．

「7 時」,「8 時」,「9 時」,「10 時」,「11 時」,「12 時」,「13 時」,「14 時」,「15 時」,「16 時」,「17 時」,「18 時」,「19 時」,「20 時」,「21 時」

(イ)上記(あ)の分指定待１の状態で、以下の分指定ボタンの何れかが押されると、指定の時間以上であって、指定の時間に最も近い画像以降の 64（or SXGA+の場合は 48）画像を表示し、上記（ア）のボタンを押されていない状態（status==2）に戻す．

「00 分」,「05 分」,「10 分」,「15 分」,「20 分」,「25 分」,「30 分」,「35 分」,「40 分」,「45 分」,「50 分」,「55 分」

<u>(c)　障害時間への移動処理</u>；現在表示されている 64（or SXGA+の場合は 48）画像より後にある次の障害時点直前、または．現在表示されている画像の直前にある障害時点直前の（or SXGA+の場合は 48）画像を表示する．

(ア)　「>移動」；次の障害時点へ時間を進める．

(イ)　「<移動」；直前の障害時点へ時間を戻す．

但し、障害がない場合は移動しない.

(4) 過去１時点の画像の抜出し

上記(3)の 16 時点の画像の一つがクリックされると、その画像の録画時点の過去 4(orSXGA+の場合は 3)画像を、p.6 の図 10.～図 12.の様に、オンライン録画時のサイズで表示し、タイトルには以下を表示する.

(A) (status==3)　/*過去画像状態(1 時点)を意味する．*/

(B) yymmdd-hhmmss　/*表示されている画像の年年月月日日－時時分分秒秒 */

この状態で、画像の何れかをクリックすると、上記(3)の(G)の 16 時点の画像の表示に戻る.

(5) 過去１時点の画像の拡大とファイル出力

上記(4)の過去画像状態(1 時点)では、下記の操作を行うことにより、p.2 の図 5.の様に、指定の画像部分を４倍と１６倍に拡大した画像を表示し、その拡大された画像をファイルに書出すことができる.

(A) 「拡大」ボタンが押されると、タイトルに以下を表示する.

(a) (status == 5)

(b) 場所指定待

(B) 上記(k)の状態で、画像の１点がクリックされると、その１点の周辺の画像を４倍と１６倍に拡大して表示し、タイトルに以下を表示する.

(a) (status == 6)

(b) 拡大中

(C) 上記(B)の状態で、「拡消」ボタンをクリックすると、上記(4)の過去１時点の画像の抜出しの状態に戻る.

(D) 上記(B)の状態で、「拡出」ボタンをクリックすると、拡大した画像を、下記のファイルに出力する．状態は変わらない.

(a) ４倍（縦と横が２倍）拡大画像のファイル出力;

k2yymmdd-hhmmss_wxxxyyy.ppm のファイル名のファイルに出力する．yymmdd は画像の年年月月日日、hhmmss は時時分分秒秒、w は p.2 の図 7 のカメラの番号―１を表し、0 は左前のカメラ 1、 1 は左後ろのカメラ 2、 2 は右後のカメラ 3、 3 は右前のカメラ 4 の画像である． xxx は、 クリックされた（拡大の中心の）位置の画像の横座標(0～639).　yyy は、縦座標(0～479)である.

(b) 16 倍（縦と横が 4 倍）拡大画像のファイル出力;

k4yymmdd-hhmmss_wxxxyyy.ppm のファイル名のファイルに出力する.［ファイル名の 2 文字目が 4 であること以外は、上記(ア)と同様である.］

(6) デバグ用差分情報表示

(A) 上記(3)の(G)の過去画像状態(16 時点)において、「差分」ボタンをクリックすると、ウィンドウ上の左上の 16 時点の画像の最初と次の画像について、p.5 の(7)で述べた相関関係のチェックを行い、図 13.に示す様に、相関がある場所は、左下の画像に青色を出力し、相関がない場合は、左下の画像に最初の画像を出力し、左上には、最初の画像、右上には次の画像を表示し、タイトルには下記(a)と(b)を表示する.

(a) (status==4) /*過去画像状態(2 時点相関)を意味する*/

(b) yymmdd-hhmmss　/*最初の像の年年月月日日－時時分分秒秒 */

図 13. 相関関係チェック結果表示例(解像度=1280×1024 ドット)

当機能は、相関関係チェックのデモやデバグ用である．尚、当状態で「画像 n(n=0～3)」のボタンが押されると、相関チェックする画像のカメラの番号を変更する.

(B) 上記(A)の相関関係チェック結果が表示されている状態で、「差消」ボタンがクリックされると、上記(4)の過去 16 時点の画像の状態に戻る.
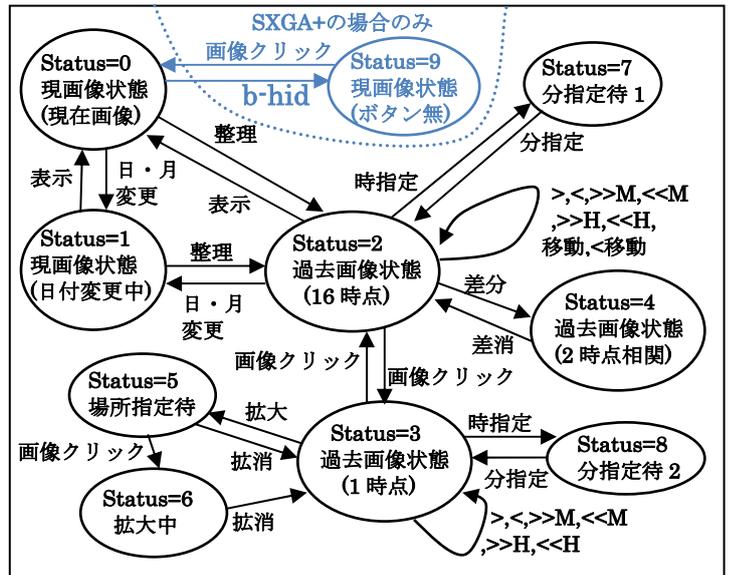
図 14.　ボタン操作等と状態遷移との関係

(7) 状態遷移図

以上のボタン操作等と状態の関係の概略を図 14.に示す.

3.1.9　当システムの制御文

　dorodata というファイル内に以下の制御文を記述することにより、使用ユーザの環境等を指定できる.

(1)文の形式

文の最後は⏎(エンター;LF;0x0a). 下記の２種類がある.

(A)通常文：　文名[英数字４文字；詳細は下記(2)(A)～(G)参照]△（空白一つ）指定パラメータ⏎

(B) 終了文：　文名(9999)⏎　当文は dorodata 内の全ての文の終わり（以降にデータがある場合は全てコメント).

(2) 文名と指定パラメータの概要

(A) pass 文：先頭４文字はｐａｓｓ.指定パラメータは、p.4 の 3.1.4 の(3)で述べた「基本認証のパスワード」を電文に変換した結果. tcpdump を起動した状態で、Ｗｅｂブラウザで無線カメラにアクセスを行い、ユーザ id とパスワードを投入し、その時の電文のダンプ内容より以下の部分を取出して指定する.

（例）認証電文の内容が以下の場合

Authrization:△Basic△cHJvZx1hczp0YWabcmEvMQ==

¥r¥n¥r¥n　/*¥r¥n¥r¥n はエスケープシーケンス*/

(Ｂ) cipn 文(n=0or1or2or3)：(n+1)台目の無線カメラの IP アドレスを指定.

[注 1] 必ず０～３の４枚指定しなければならない.

[注 2] cpi3 で指定する無線カメラは､音声録音用のマイク付きの無線カメラでなければならない.

(C) mail 文：無線カメラの障害等を検出したことを示すメールの送り先を指定.

[注 1]当文は最大２枚指定できる.

(D) msip 文：無線カメラの障害等を検出したことを示すメールを処理するメールサーバの IP アドレスを指定.

(E) mspo 文：無線カメラの障害等を検出したことを示すメールを処理するメールサーバのポート番号を指定.

(F) fils 文：当プログラムを起動したときの現ディレクトリ配下に、p4.の 3.1.6 の(A)で延べたディレクトリを作成して、その配下に画像データと音声データを録画・録音するが､その現ディレクトリが存在する HDD 装置名を指定. HDD のエリア使用率が 90%を超えたかどうかを調べる時の装置名として使用.

(G) disp 文：当文の記述を省略すると、外部変数 disp=0 となり、ディスプレイの解像度は、1280×960 以上でなければならない. (p.6 図 9,10 参照)　1 を指定すると、外部変数 disp=1 となり、ディスプレイの解像度は、1280×720 以上でなければならない.（p6.図 11.参照）２を指定すると、外部変数 disp=2 となり、ディスプレイの解像度は 960×720 以上でなければならない.(p6.図 12.参照)

４．試用による評価結果

約３か月間、実際に教室にカメラを設定して試用した結果、以下の点で、非常に役にたつことが判った.

(1) 朝早く誰が教室に来るかや、夜誰がチャンと蛍光灯を消して何時ころ帰るか等が、教員室からオンラインや過去の画像を見て分かる.

(2) 席表をあらかじめ作成しておけば、誰が休んでいるのか等が教員室より分かる.

(3) カメラに悪戯されることはなかったが、某先生が誤ってカメラの電源を抜いてしまったことがあり、その障害を正確に検出して電子メールで警報を出すことができ、又障害時間移動処理によって、誰が障害を起こしたかの証拠(画像)を得ることができて、迅速な対応を行うことができた.

(4) 使用ファイル容量等は、以下(A)～(D)の通りであり、約２年強分のデータの保持が可能.

(A) １画像の大きさは、jpeg で、約 50KB 弱. ４画像で４秒当り 200KB. 音声は ADPCM32kbps 形式で、４秒当り 16KB. 合計で４秒当り最大 216KB.

(B) 教室での録画時間は１日当たり最大で 12 時間を仮定しても、12(H)×60(M)×15(回/M)×216[KB]=2.332[GB]

(C) １カ月当り 22.15 日稼働として、１カ月の必要容量は 51.65GB. HDD は例として 1.5TB の HDD(IO-DATA HDCN-U1.5A)を使用し、最大使用率を 90[%]の場合、26.2 カ月分の録画・録音が可能.

(D) 連続録画･録音時の平均回線使用率は､10Mbps の LAN では、４秒間で 40Mbps なので、((216×８×1000)/(40×1000000))×100=216×８/400=4.32[%]であり、要求条件[p.1 の 2.の(9)].で述べた回線使用率 10%未満の要求条件を十分に満足.

5. 作成規模やソース等の公開場所

(1) 作成プログラム規模は、C 言語記述で 5Kstep(デバグ

文・コメント文込みでは 6.3Kstep).

(2) 以下のソースプログラム等を GPL で公開している.

(A) 公開用ホームページ：http://www.ibaraki-ct.ac.jp/ece/yas/ncsfct/index.htm

(B) ファイル名

(a) doro003.c：当システム(NCSFCT)のソースプログラム

(b) ccdoro ：NCSFCT のソースプログラムのコンパイル用コマンドファイル

(c) decode: 音声データデコーダ(文献[13]のデコーダを当システム用にコンパイルリンクしたロードモジュール.)

(d) dorodata：NCSFCT の制御文例

(e) env.pdf：NCSFCT 用 VineLinux5 の初期設定方法例(Imlib や GTK+等を使用できる様にするための設定例)

(f) dlan.pdf: NCSFCT 用無線 LAN 等の初期設定例

6. 今後の予定

今年度末までに、Ubuntu Linux 等への移植方法も検討し,上記 Web サイトでの結果報告を予定している.

7. 謝辞

素晴らしい Linux を実現して下さった Linus Torvalds 様と仲間の皆様、並びに、 GPL の元で種々のプログラムや貴重な情報を提供してくださった VineLinux メーリングリストの皆様に、この場をお借り致しまして、深謝致します.

又、当システムで「サンマイクロシステム株式会社によって、所有権が放棄され無償で一般に広く公開されたライセンス（パブリックドメイン）で開放されている文献[13]のデコーダ」を使用している、ことにつきましてサンマイクロシステム株式会社に深謝致します.

【参考文献】

[1] BL-C31 取扱説明書；http://dl-ctlg.panasonic.jp/manual/2005/blc11_31_ol.pdf

[2]“GNU 一般公有使用許諾書”、<http://www.sra.co.jp/public/doc/gnu/gpl-2>

[3] Panasonic ネットワークカメラ技術参考資料：ネットワークカメラ CGI コマンドインターフェース仕様書 2[CGI]; http://panasonic.biz/netsys/netwkcam/support/download/technical/ntwrkcam_cgi_intrfs2_v106a.pdf

[4] Manpage of TCPDUMP；http://www.linux.or.jp/JM/html/tcpdump/man1/tcpdump.1.html

[5] 長屋茂喜, 他 4 名：″時間相関型背景判定法による移動物体検出″, 信学論(D-Ⅱ), J79-D-Ⅱ, No.4, pp.568-576(1996).

[6] たなかひろゆき；″GTK+入門″, ソフトバンク, (2002).

[7] 飯尾淳,”Linux による画像処理プログラミング”,p.23,オーム社(2000).

[8] 日経 NETWORK 編,”無線 LAN&セキュリティ超入門”,p.160-161,日経 BP 社.

[9] 実践 LAN の攻略,p.133(IP データグラム),p.164(TCP セグメント),情報研究アカデミー編,電気通信協会(2001).

[10] HTTP プロトコル, Stephen Thomas,葛西重雄訳,ソフトバンク（2002）.

[11] 画像&音声圧縮技術のすべて, CQ 出版社.

[12] ADPCM;http://ja.wikipedia.org/wiki/Adaptive_DiffeRential_Pulse_Code_Modulation.

[13] G711_G721_G723.tar.gz; ftp://svr-ftp.eng.cam.ac.uk/pub/comp.speech/coding/

[14] Linux Sound programming with OSS API; http://homepage3.nifty.com/rio_i/lab/os s/000prologue.htm

【著者紹介】

小飼敬: 平成 10 年茨城大学大学院理工学研究科博士前期課程修了, 修士(工学). 平成 16 年より茨城工業高等専門学校電子情報工学科助手. ソフトウェア工学分野の形式手法に従事. 情報処理学会, 日本ソフトウェア科学会 各会員.

滝沢陽三: 平成 9 年茨城大学大学院工学研究科博士後期課程修了, 博士(工学). 同年茨城工業高等専門学校電子情報工学科助手, 平成 12 年講師, 平成 18 年助教授, 平成 19 年准教授. 情報処理学会, 電子情報通信学会, 日本ソフトウェア科学会, ACM, IEEE Computer Society 各会員.

杉村康: 昭和 46 年 3 月鹿児島大工学部電子工学科卒. 同年 4 月日本電信電話公社(現 NTT)武蔵野電気通信研究所データ部入社. 昭和 48 年 8 月データ部が横須賀電気通信研究所へ移転. 以来 TSS 系/RTS 系 OS 等の開発・性能評価に従事. 平成 13 年 4 月茨城工業高等専門学校電子情報工学科/情報電気電子専攻科教授. 博士(工学)(1999 年 9 月,九大/システム情報科学研究院). 電子情報通信学会, 情報処理学会, IEEE,日本リヌックス協会各会員.